

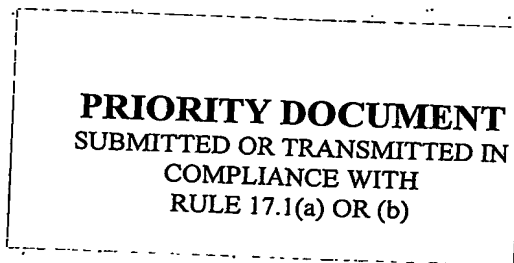
Ministero delle Attività Produttive
Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi
Ufficio G2



Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: *Invenzione industriale*
N. UI/2002 A 000072.

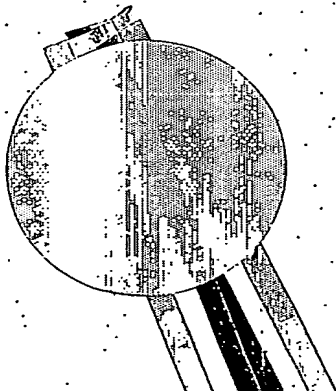
*-Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

Verbale di deposito Menzione d'inventore (pag. 1).



4 MAR. 2003

Roma, li



[Signature]
IL DIRIGENTE

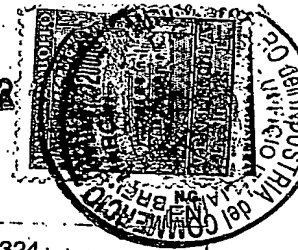
Dr. Marcus Giorgio Conte

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

MODULO 2

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO-RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO



A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTEResidenza TRIESTEcodice 80013890324

2) Denominazione _____

Residenza _____

codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome LIGI STEFANO

cod. fiscale _____

denominazione studio di appartenenza IGLP Srlvia P.le Cavedalisn. 6/2città UDINEcap 33100(prov) UD

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via _____

n. _____

città _____

cap _____

(prov) UD

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci) G01Ngruppo/sottogruppo 003 000

PROCEDIMENTO PER IDENTIFICARE LE PROPRIETÀ MECCANICHE DI UN MATERIALE

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA _____

N° PROTOCOLLO _____

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) _____ 3) _____

2) _____ 4) _____

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato
S/R

SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

1) _____

2) _____

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione.

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) 2 PROV n. pag. 24 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)Doc. 2) 2 PROV n. tav. 103 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)Doc. 3) 1 RIS lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale autocertificazioneDoc. 4) 0 RA designazione inventoreDoc. 5) 0 RIS documenti di priorità con traduzione in italianoDoc. 6) 0 RIS autorizzazione o atto di cessioneDoc. 7) 0 nominativo completo del richiedente8) attestati di versamento, totale lire Euro DUECENTONOVANTUNO/80 (=tasse pagate per tre anni)

obbligatorio

COMPILATO IL 28 03 2002 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I) LIGI STEFANO (glp N2-2785)CONTINUA SINO NODEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SINO LSU

SCIOGLIMENTO RISERVE	
Data	N° Protocollo
____/____/____	____/____/____
____/____/____	____/____/____
____/____/____	____/____/____
____/____/____	____/____/____
confronta singole priorità	
____/____/____	____/____/____

UFFICIO PROVINCIALE IND. COMM. ART. DI CAMERA DI COMMERCIO DI UDINEcodice 30VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA UD2002A000072 Reg. AL'anno millenovecento DUENTILADUE, il giorno VENTINOVE, del mese di MARZOIl (I) richiedente (I) sopraindicato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraportato.I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE NESSUNA

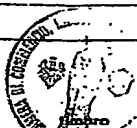
Il mandatario

STEFANO LIGI

(per sé e per gli altri)

STUDIO G LIPS.r.l.

P.le Cavedalis 6/2 - 33100 UDINE



L'UFFICIALE ROGANTE

Stefano Ligi

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

PROSPETTO A

NUMERO DOMANDA : UD2002A000072

REG. A

DATA DI DEPOSITO 129/03/2002

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

A. RICHIEDENTE (I)

Denominazione UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE

Residenza TRIESTE

D. TITOLO

PROCEDIMENTO PER IDENTIFICARE LE PROPRIETA' MECCANICHE DI UN MATERIALE

(glp N2-2785)

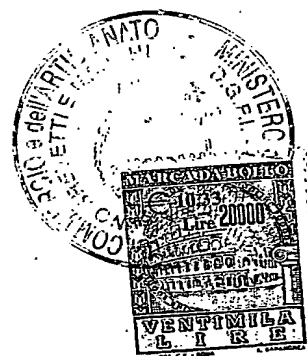
Classe proposta (sez./cl./scl) G01N

(gruppo/sottogruppo) 003 / 000

L. RIASSUNTO

procedimento per identificare le proprietà meccaniche di un materiale, quale ad esempio un materiale di tipo osseo, a partire almeno da un'immagine digitalizzata di un campione di tale materiale. Tale immagine del campione da analizzare viene elaborata per realizzare un modello numerico comprendente un determinato numero di elementi geometrici elementari, o celle, ad ognuno dei quali viene assegnato un parametro identificativo del tipo di materiale, allo scopo di ricavare informazioni sulla distribuzione delle caratteristiche meccaniche nelle singole unità del campione da cui si può risalire, sia alle caratteristiche elastiche, e quindi alla resistenza, sia all'andamento degli sforzi e della deformazione in relazione all'applicazione dei carichi.

M. DISEGNO



Classe Internazionale: G01N 03/00

Descrizione del trovato avente per titolo:

"PROCEDIMENTO PER IDENTIFICARE LE PROPRIETÀ
MECCANICHE DI UN MATERIALE"

5 a nome Università degli Studi di Trieste, di
nazionalità italiana, con sede in Piazzale Europa, 1
- 34127 Trieste.

dep. il

29 MAR. 2002

al n.

UD *vor*

* * * * *

0000072

10

CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente trovato si riferisce ad un
procedimento per identificare le proprietà
meccaniche di un materiale, quale ad esempio un
materiale di tipo osseo, a partire almeno da
15 un'immagine digitalizzata di un campione di tale
materiale. Tale immagine del campione da analizzare
viene elaborata per realizzare un modello numerico
comprendente un determinato numero di elementi
geometrici elementari, nel seguito denominati celle,
20 ad ognuno dei quali viene assegnato un parametro
identificativo del tipo di materiale, allo scopo di
ricavare informazioni sulla distribuzione delle
caratteristiche meccaniche nelle singole unità del
campione da cui si può risalire, sia alle
25 caratteristiche elastiche, e quindi alla resistenza,

29 MAR 2002

sia all'andamento degli sforzi e della deformazione in relazione all'applicazione dei carichi.

STATO DELLA TECNICA

E' noto che per la diagnosi ed il trattamento
5 delle patologie dell'osso, quali ad esempio
l'osteoporosi, è necessario valutarne in primo luogo
le proprietà meccaniche, in particolare l'elasticità
e la resistenza ai carichi applicati.

Per stimare con un buon grado di precisione la
10 resistenza e l'elasticità dell'osso non è però
sufficiente conoscerne composizione e densità.
L'elasticità del tessuto osseo dipende infatti in
modo determinante dall'architettura assunta dalla
struttura ossea nel campione in esame, come è noto,
15 per esempio, da: Martin, R.B. (1991) J. Biomech.,
24, 79-88, e da: Waud, C.E. et al. (1992) Calcif.
Tissue Int., 51, 416-418, e la resistenza meccanica
è linearmente proporzionale al valore di elasticità
[Hodgskinson, R. J. Currey, D. (1990) P.I.M.E., 204,
20 115-121]. Allo stato attuale, le proprietà
meccaniche delle ossa, ed in particolare i parametri
legati ad elasticità e resistenza, non possono
essere determinate mediante prove meccaniche
eseguite in vivo né, per ovvi motivi, è opportuno
25 l'impiego in macchine, adatte alla caratterizzazione

29 MAR 2000

meccanica, di campioni ossei prelevati dal paziente su cui eseguire i test. D'altra parte, le tecniche di elaborazione delle immagini medicali sono divenute molto accurate, rendendo possibile la
5 modellazione digitale della struttura ossea a diversi livelli di definizione, fino all'ordine delle decine di micron.

I metodi numerici attualmente impiegati per la modellazione e la simulazione del comportamento
10 della struttura ossea ai fini della stima delle proprietà meccaniche fanno ricorso alle implementazioni del metodo degli elementi finiti, noto ad esempio da Homminga, J. et al. (2001) J. Biomech., 34, 513-517.

15 Tale metodo presenta però l'inconveniente di non permettere una facile discretizzazione dell'immagine, cioè la creazione di un insieme di elementi geometrici in grado di riprodurre quanto più fedelmente possibile la struttura esaminata e
20 sui quali è poi possibile eseguire elaborazioni e quantificazioni elementari.

Tale operazione è inoltre lunga e laboriosa, affidata in buona misura all'abilità ed all'esperienza di un operatore, poiché l'insieme di
25 elementi geometrici deve essere adattato alla

29 MAR. 2002



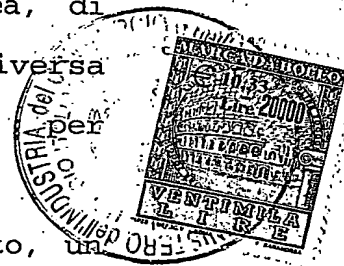
conformazione ed alle irregolarità di una struttura ossea in esame.

Un'altra applicazione del metodo degli elementi finiti prevede di far corrispondere ad ogni voxel, o
5 unità elementare volumetrica, dell'immagine acquisita un elemento geometrico, ma questa soluzione presenta l'inconveniente della presenza di un altissimo numero di elementi, tale che l'elaborazione del modello numerico generato
10 richiede l'utilizzo di reti di computer non reperibili nei normali centri di analisi.

Se la risoluzione, cioè il grado di dettaglio, dell'immagine viene diminuita al fine di ridurre il numero di elementi, è inevitabile il decadimento
15 della bontà della soluzione ottenuta.

Un'altra applicazione ancora del metodo degli elementi finiti prevede, nel caso dell'identificazione della microstruttura ossea, di utilizzare, quali elementi finiti, aste di diversa
20 lunghezza e sezione, vincolate tra loro per riprodurre la struttura trabecolare.

Questo tipo di modellazione genera, da un lato, un numero di incognite sufficientemente basso da poter essere elaborato senza particolari accorgimenti, ma,
25 dall'altro, il risultato ottenuto non è



Il Mandatario
STEFANO OLIGI
(per sé e per gli altri)
STUDIO GLP S.r.l.

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

29 MAR. 2002

sufficientemente accurato.

La Richiedente, per risolvere tali inconvenienti della tecnica nota ed ottenere ulteriori vantaggi, ha progettato e realizzato il presente trovato.

5 ESPOSIZIONE DEL TROVATO

Il presente trovato è espresso e caratterizzato essenzialmente nella rivendicazione principale.

Altre caratteristiche innovative del trovato sono espresse nelle rivendicazioni secondarie.

10 Uno scopo del trovato è quello di mettere a punto un procedimento per mezzo del quale sia possibile identificare in modo accurato le specifiche proprietà meccaniche di un materiale, quale ad esempio un materiale osseo, in relazione alla
15 particolare conformazione della struttura che il materiale stesso assume in determinate situazioni di carico.

Un altro scopo è quello di mettere a punto un procedimento di calcolo delle proprietà meccaniche
20 di un materiale indipendentemente dalla presenza o meno di ulteriori materiali eterogenei inglobati nel materiale di base.

In accordo con tali scopi un procedimento, secondo il presente trovato, per identificare le proprietà
25 meccaniche di un materiale, comprende una prima fase

29 MAR 1984

di acquisizione di almeno un'immagine digitale di un campione del materiale da esaminare, una seconda fase in cui per ogni unità elementare di tale immagine digitale, viene acquisito almeno un
5 predeterminato parametro indicativo almeno della presenza o meno, e/o del tipo di materia nell'unità elementare stessa, una terza fase di costruzione di una griglia di elementi geometrici elementari o celle atti ad essere associati all'immagine
10 digitale, ed una quarta fase di assegnazione, per ciascuna cella, di un indice rappresentativo delle caratteristiche del materiale del campione che occupa la posizione di una relativa cella, in relazione ai parametri posseduti dalle unità
15 elementari di immagine associate a tale cella. In una quinta fase vengono definite le caratteristiche meccaniche di ciascuna cella in funzione dell'indice corrispondente e delle proprietà meccaniche proprie del materiale, in una sesta fase vengono eseguite
20 simulazioni di prove di carico ed in una settima fase vengono analizzate, secondo il noto Metodo delle Celle (Tonti, E. CMES, 2, 237-258), le deformazioni, le tensioni e la distribuzione delle sollecitazioni subite dal campione sulla base delle
25 simulazioni effettuate e delle sollecitazioni

29 MAR 2004

meccaniche delle celle, individuate ed acquisite nella quinta fase.

Nel procedimento secondo il presente trovato un'immagine o una serie di immagini, quale ad
5 esempio una micro-CT (microtomografia computerizzata), una micro-MRI (microrisonanza magnetica), una TAC (tomografia assiale computerizzata), un'NMR (una risonanza magnetica lineare) o simili della porzione di materiale in
10 esame, viene suddivisa in unità elementari, voxel, nel caso di immagini tridimensionali, oppure pixel nel caso di immagini bidimensionali.

Secondo una variante, l'immagine, prima di essere ulteriormente elaborata, viene sottoposta ad almeno
15 un processo di filtraggio per eliminare le distorsioni dovute allo strumento di misura. Successivamente, per ogni unità elementare di immagine, viene eseguita l'identificazione dell'eventuale presenza di uno o più dei materiali
20 ricercati. In altre parole, per mezzi di opportuni meccanismi di calcolo che utilizzano, ad esempio algoritmi a soglia od altro metodo analogo o assimilabile, viene discriminata la presenza oppure l'assenza, nella specifica unità elementare di
25 immagine, del materiale del campione in esame. I

20105 2005

dati relativi alla distribuzione della massa nel
campione vengono poi elaborati per formare
un'immagine che può essere in bianco e nero e
comprendere un conveniente numero di toni di grigio
5 intermedi, in particolare nel caso di utilizzo di
serie di immagini. Ciascuna unità elementare di
immagine è identificata in questo caso, oltre che
dalle tre coordinate spaziali, anche dal
predeterminato parametro comprendente, nella
10 fattispecie, il relativo valore del tono di grigio.
L'esame dei toni di grigio in un materiale di tipo
osseo permette anche di discriminare la presenza di
un impianto o di una protesi. Se il materiale in
esame comprende una porzione ossea di tipo
15 connettivo, quale ad esempio un osso trabecolare,
l'esame dei toni di grigio dell'immagine può essere
utilizzato per evitare che l'applicazione di un
filtro a soglia, del tipo tutto o niente, comporti
la perdita del riconoscimento della caratteristica
20 della connettività.

Secondo una soluzione del trovato, sopra
all'immagine viene definita una griglia di alcune
migliaia di punti, o punti nodali, che servono per
la costruzione del modello numerico di calcolo di
25 struttura mediante la formazione delle celle su cui



29 MAR. 2002

eseguire l'elaborazione. La griglia di nodi ricopre
vantaggiosamente l'intera immagine,
indipendentemente dalla presenza, in alcuni punti di
essa, di materiale o meno. La distanza tra i punti
5 nodali costituisce il limite inferiore della
dimensione della struttura di calcolo in esame,
pertanto, la definizione di una voluta sensibilità
impone la minima distanza tra i nodi da utilizzare
nella specifica applicazione.

10 Utilizzando come parametro di calcolo le
caratteristiche meccaniche di base, o legge
costitutiva, del materiale in esame, quali ad
esempio elastico-lineare, elasto-plastico, con o
senza incrudimento, isotropia oppure anisotropia e
15 simili, le caratteristiche meccaniche di ogni cella
vengono ricavate anche in base al valore assunto dal
corrispondente indice ottenuto dagli indici delle
unità elementari di immagine corrispondenti..

Il modello di calcolo così ottenuto permette di
20 eseguire un'analisi sotto carico per mezzo del
sopradetto Metodo delle Celle, nella formulazione
statica. Tale metodo prevede di simulare
l'applicazione di carichi sulla struttura. Inoltre
vengono simulate prove di carico, concentrato o
25 distribuito su punti, linee o superfici delle celle,

29 MAR. 2002



oppure su loro relative combinazioni, secondo le
direzioni di interesse, per ottenere una pluralità
di specifici spostamenti dei punti nodali del
modello in seguito all'applicazione dei carichi
5 simulati. L'analisi statica degli spostamenti
ottenuti consente la determinazione di una pluralità
di proprietà meccaniche del materiale in esame,
quali l'elasticità della struttura, l'andamento
delle tensioni e delle deformazioni, e le zone di
10 massima sollecitazione all'interno del materiale
stesso, nonché le tensioni equivalenti secondo
diverse teorie di cedimento.

Il procedimento secondo il presente trovato ha il
vantaggio, rispetto al tradizionale metodo degli
15 elementi finiti, di automatizzare la suddivisione in
elementi geometrici discreti, quali le celle, senza
dover ricorrere ad un numero eccessivo di incognite
e anche in presenza di eterogeneità di materiali
oppure in assenza di materia in alcuni punti.

20 Quando viene utilizzata una griglia di punti
nodali, ad ognuno di essi viene attribuito un indice
proporzionale al valore del tono di grigio
dell'unità elementare (voxel, pixel...) dell'immagine
digitale. I nodi vengono quindi collegati per dare
25 origine ad un elemento geometrico, o cella, di forma

27 MAR. 2002

triangolare oppure di qualsiasi altra forma
geometrica. A ciascuna cella viene attribuito un
ulteriore indice, funzione di quello dei suoi nodi,
che risulta rappresentativo della struttura del
5 materiale che, nell'immagine, occupa la posizione
della cella stessa nel modello di calcolo.

In una prima soluzione, le celle vengono
determinate una volta per tutte e ricoprono
interamente l'intera regione, piana o spaziale, che
10 viene esaminata.

In una variante un insieme di celle viene creato
localmente da ciascun nodo. Viene considerato un
nodo alla volta ed il nodo preso in esame viene
assunto come vertice, mentre un certo numero di nodi
15 vicini viene utilizzato per costruire un complesso
locale di celle, che hanno tutte un vertice nel
medesimo nodo esaminato. Un tale processo viene
ripetuto per tutti i nodi. Dal momento che viene
considerato un limitato numero di celle per volta,
20 il processo risulta più semplice soprattutto nel
caso di un modello tridimensionale. Tuttavia,
trattandosi di un'elaborazione locale, che passa in
rassegna un nodo alla volta e per ogni nodo
considera solo un limitato numero di celle che lo
25 circondano, in questa variante di soluzione non è

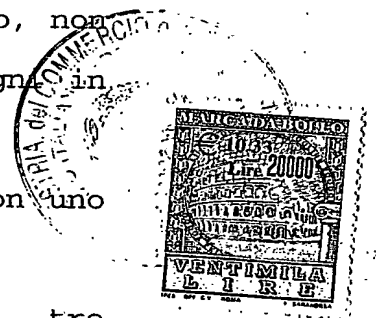
possibile a questo stadio una visualizzazione globale del modello di struttura in esame.

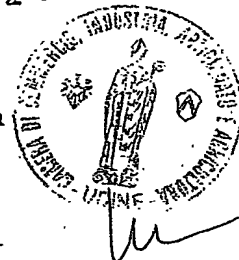
Il procedimento secondo il presente trovato può essere facilmente implementato in un elaboratore elettronico ed utilizzato direttamente da un operatore medico per la diagnosi accurata delle proprietà delle ossa oppure per la valutazione della bontà di una protesi impiantata in un paziente e la determinazione delle linee di flusso di un carico.

10 ILLUSTRAZIONE DEI DISEGNI

Queste ed altre caratteristiche del presente trovato appariranno chiare dalla seguente descrizione di una forma preferenziale di realizzazione, fornita a titolo esemplificativo, non limitativo, con riferimento agli annessi disegni in cui:

- la fig. 1 è un immagine digitale ottenuta con uno strumento MICRO-CT;
- la fig. 2 è un'immagine ricostruita in tre dimensioni a partire da una serie di immagini digitali come quelle di fig. 1;
- la fig. 3 è un'immagine elaborata di alcune sezioni dell'immagine di fig. 2;
- la fig. 4 è un complesso di celle di tipo triangolare;





- la fig. 5 è un'immagine di struttura discreta corrispondente all'immagine di fig. 3;
- la fig. 6 è un'immagine elaborata di altre sezioni dell'immagine di fig. 2;
- 5 - la fig. 7 è un'immagine di struttura discreta corrispondente all'immagine di fig. 6.

DESCRIZIONE DI UNA FORMA DI REALIZZAZIONE

PREFERENZIALE DEL TROVATO

Con riferimento alle figure allegate, il
10 procedimento secondo il presente trovato, viene
utilizzato per identificare le specifiche proprietà
meccaniche di un campione osseo di circa 8mm di
diametro e 10mm di altezza prelevato da un femore di
maiale e sottoposto a trattamento chimico di
15 stabilizzazione. Di tale porzione ossea è stata
ottenuta un'immagine digitale micro-CT (fig. 1) in
luce di sincrotrone presso la linea SYRMEP (ELETTRA
- Trieste) di una porzione di 3,54 x 6,72 mm interna
al campione. L'utilizzo di una porzione interna al
20 campione permette di evitare alterazioni improprie
sui bordi in seguito al procedimento di taglio con
cui il campione stesso viene ottenuto. Il
procedimento prevede di assumere, come parametro di
ingresso, le caratteristiche meccaniche della
25 struttura ossea di base, in particolare la legge

Il mandatario
STEFANO LIGI
(per sé e per gli altri)
STUDIO GLP S.r.l.

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

29 MAR 2002

costitutiva. L'immagine viene poi preliminarmente elaborata mediante opportuni algoritmi per l'eliminazione di immagini fittizie generate dallo strumento di misura. Le immagini così elaborate comprendono regioni cave e regioni piene, suddivise in unità elementari di immagine tridimensionale, quali i voxel, ognuna individuata da 3 coordinate e da un quarto dato relativo al tono. L'immagine elaborata in tre dimensioni (fig. 2) è stata sezionata su 4 piani paralleli adiacenti, corrispondenti in tutto ad uno spessore di 56 micron, per ottenere quattro immagini del campione osseo. Ad ognuna di queste immagini è stato applicato un filtro a soglia, con la convenzione di assegnare il valore "0" alle regioni cave, e "1" alle regioni con osso. Le 4 immagini sono state sommate per cui ciascun punto dell'immagine, in funzione della quantità di 0 o di 1, ha assunto un valore di tono di grigio compreso tra 0 e 4. Il risultato può essere rappresentato graficamente con un'immagine bidimensionale del tipo come in figg. 3 e 6.

Sull'immagine risultante è stata disposta una griglia di 2769 nodi 11 (fig. 4). La distanza media tra i nodi 11, in relazione alla sensibilità del



risultato da ottenere, è stata fissata a 106 micron.
I nodi 11 sono stati collegati tra loro a formare un
complesso di 5340 celle 12 triangolari. Un valore di
indice da attribuire a ciascuna cella 12 è stato poi
5 ottenuto sommando i valori degli indici dei
corrispondenti nodi 11 che ne costituiscono i
vertici e normalizzando a 1 il risultato. Il
significato fisico dell'indice di cella 12 così
definito è quello di rappresentare un'indicazione
10 della percentuale di osso presente nella cella 12.
In fig. 5 è rappresentato il risultato di questa
operazione.

Sono state assunte per l'osso le caratteristiche
meccaniche di base, quali una legge costitutiva
15 isotropa elastica-lineare con un modulo di Poisson
pari a 0,3 per tutte le celle 12 che hanno indice
non nullo. Le celle 12a con indice pari a 0
rappresentano cavità, ossia porzioni prive di osso,
e non possiedono caratteristiche meccaniche. Nelle
20 celle 12b con indice pari a 1 è stato assunto un
modulo di Young (modulo elastico) pari a 1 GPa.
Nelle celle 12c che hanno valori dell'indice
intermedi, il modulo di Young è stato rapportato al
valore dell'indice. Per esempio, se in una cella 12
25 il valore dell'indice è 0,5, il modulo di Young

29 MAR. 2002

della cella è 0,5 GPa, e così via. La fig. 5 risulta quindi rappresentativa dei valori assunti dal modulo di Young di ciascuna cella 12. E' stato utilizzato inoltre un opportuno fattore per definire la
5 porosità della struttura ossea esaminata. Dato che l'indice (I_{cella}) di ogni cella 12 rappresenta la quantità di materia ossea presente nella cella stessa, la somma di tutti gli indici divisa per il numero delle celle 12 (N_{celle}) indica la percentuale
10 di struttura ossea nella struttura. Il complemento a 1 viene quindi assunto come fattore di porosità f_p :

$$f_p = 1 - \frac{I_{cella}}{N_{celle}}$$

15 Per la struttura ossea esaminata il fattore di porosità è risultato pari a 60,9%.

Il modello di celle 12a, 12b, 12c è stato quindi sottoposto ad una prova di compressione simulata lungo il lato lungo dell'immagine (asse x). Rientra
20 comunque nell'ambito del presente trovato che possano essere simulate prove di compressione e di taglio nelle diverse direzioni oppure simulazioni di altri tipi di prove, ad esempio con uno o più carichi concentrati o distribuiti (pressioni) in
25 punti del modello, anche a scelta dell'operatore e



Il mandatario
STEFANO LIGI
(per sé e per gli altri)
STUDIO GLP S.r.l.

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

possano essere ricreate diverse condizioni di vincolo, in modo da ottenere i valori degli spostamenti dei nodi 11 del modello, in seguito all'applicazione dei carichi simulati. Nel caso
5 specifico una estremità del modello di celle 12 è stata vincolata in modo scorrevole nei nodi 11 e con una cerniera nell'angolo inferiore; ai nodi 11 dell'altra estremità è stato applicato uno spostamento lungo l'asse x, che simula il movimento
10 della traversa in una macchina di prova. Gli spostamenti in direzione y sono stati lasciati liberi.

Dall'analisi, secondo il Metodo delle celle, dei valori di spostamento lungo l'asse x, il primo dato
15 ottenibile dalla prova meccanica simulata è stato il valore a compressione del modulo di Young apparente del modello di celle 12 o della struttura ossea esaminata, risultato essere pari a 143 MPa.

Sono state inoltre valutate le tensioni agenti in
20 ciascuna cella 12 in conseguenza del carico applicato nella prova simulata. In particolare, sono state individuate le tensioni principali e valutati i punti maggiormente sollecitati, rispetto ad un valore di sollecitazione nominale di una struttura
25 con porosità nulla, cioè con tutte le celle 12 con

9 MAR. 2002

indice unitario. Tale procedimento permette anche, per una più accurata predizione del rischio di frattura, di calcolare le tensioni e individuare le zone di maggior rischio secondo due teorie note di cedimento, quale una massima tensione normale, o di Rankine ed una teoria dell'energia di distorsione, o di von Mises.

E' stata successivamente esaminata una seconda porzione del campione, ottenuta dalla medesima ricostruzione tridimensionale del campione (fig. 2), però questa volta sezionata secondo una direzione diversa (fig. 6). Dato che le proprietà meccaniche della struttura ossea sono fortemente anisotrope, dipendono cioè dalla direzione in cui viene applicato il carico, il confronto con la struttura precedentemente esaminata ha permesso di ottenere indicazioni sulla validità del sistema proposto.

La griglia di nodi è stata la stessa utilizzata precedentemente, e così pure il complesso di celle. La struttura discretizzata è riportata in fig.7, ed è stato ottenuto, anche in questo caso, un fattore di porosità pari a 60,9.

E' stata effettuata anche per questa seconda struttura una simulazione, eseguita con le medesime modalità della precedente ed analizzata con il

29 MAR. 2002

Metodo delle Celle.

Il modulo di Young apparente del modello della seconda struttura ossea è risultato pari a 37 MPa, valore molto inferiore a quello trovato nella prima simulazione.

Questo risultato è dovuto al fatto che la struttura ossea si dispone in modo molto diverso nei due casi, e quindi, anche in presenza di un valore di porosità uguale, si ottengono risultati diversi dall'analisi strutturale. Inoltre, le trabecole della prima struttura sono prevalentemente orientate lungo l'asse di compressione nella prova simulata (lato lungo dell'immagine), mentre questo non è vero per la seconda struttura, che infatti presenta un forte decadimento delle proprietà meccaniche.

E' chiaro che al procedimento fin qui descritto possono essere apportate modifiche od aggiunte di parti senza per questo uscire dall'ambito del presente trovato.

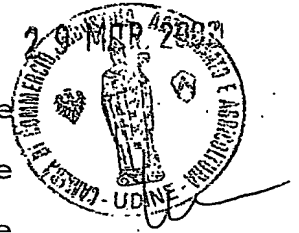
E' anche chiaro che, sebbene il presente trovato sia stato descritto con riferimento ad un esempio specifico, un esperto del settore potrà realizzare molte altre forme di procedimento di identificazione delle proprietà meccaniche di un materiale, tutte rientranti nell'oggetto del presente trovato.

27 MAR 2002

RIVENDICAZIONI

1 - Procedimento per identificare le proprietà
meccaniche di un materiale, comprendente una prima
fase di acquisizione di almeno un'immagine digitale
5 di un campione di detto materiale, **caratterizzato**
dal fatto che comprende una seconda fase in cui per
ogni unità elementare di detta immagine digitale
viene acquisito almeno un predeterminato parametro
indicativo almeno della presenza, o meno, e/o del
10 tipo di materia in detta unità elementare di
immagine, una terza fase di costruzione di una
griglia di elementi geometrici elementari, o celle,
(12) atti ad essere associati a detta immagine
digitale, una quarta fase di assegnazione, per
15 ciascuna di dette celle (12), di un indice
rappresentativo delle caratteristiche del materiale
del campione che occupa la posizione di una relativa
cella (12) in relazione ai parametri posseduti dalle
unità elementari di immagine associate a tale cella
20 (12), una quinta fase in cui vengono definite le
caratteristiche meccaniche di ciascuna cella (12) in
funzione di detto indice e delle proprietà
meccaniche proprie di detto materiale, una sesta
fase in cui vengono eseguite simulazioni di prove di
25 carico ed una settima fase in cui vengono





analizzate, con il Metodo delle Celle le
deformazioni, le tensioni e la distribuzione delle
sollecitazioni subite dal campione sulla base delle
simulazioni effettuate e delle caratteristiche
5 meccaniche di dette celle (12), acquisite in detta
quinta fase.

2 - Procedimento come nella rivendicazione 1,
caratterizzato dal fatto che la costruzione della
griglia di dette celle (12) comprende una prima
10 sottofase di costruzione di una griglia di punti
nodali (11) la cui distanza definisce il limite
inferiore della dimensione che caratterizza la
struttura nel modello esaminato ed una seconda
sottofase di definizione di una pluralità di celle
15 (12), piane o spaziali, ottenute collegando fra loro
detti punti nodali (11).

3 - Procedimento come nella rivendicazione 2,
caratterizzato dal fatto che dette celle (12)
ricoprono l'intera regione di detto campione
20 esaminato.

4 - Procedimento come nella rivendicazione 2 o 3,
caratterizzato dal fatto che ciascuna di dette celle
(12) è ottenuta da un punto nodale (11) alla volta
assunto come vertice e che una pluralità di punti
25 nodali (11) adiacenti sono utilizzati per generare

un complesso localizzato di celle (12) adiacenti.

5 - Procedimento come in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto** **che** comprende una fase di suddivisione di un'immagine tridimensionale, in una pluralità di immagini bidimensionali ottenute sezionando detta immagine tridimensionale secondo una pluralità di piani paralleli, ogni punto dell'immagine assumendo un parametro indicativo della presenza di materiale derivante dalla somma degli indici dei punti corrispondenti su tutti detti piani.

6 - Procedimento come in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto** **che** detto parametro indicativo è relativo al tono di grigio di detto punto di detta immagine digitale.

7 - Procedimento come in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto** **che** in detta sesta fase vengono simulate prove di compressione e di taglio secondo direzioni predeterminate di una porzione di detto materiale in esame.

8 - Procedimento come in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto** **che** in detta sesta fase vengono simulate prove di carico concentrato o distribuito, su punti, linee,

29 MAR 2002



superfici o loro combinazioni, di dette celle (12).

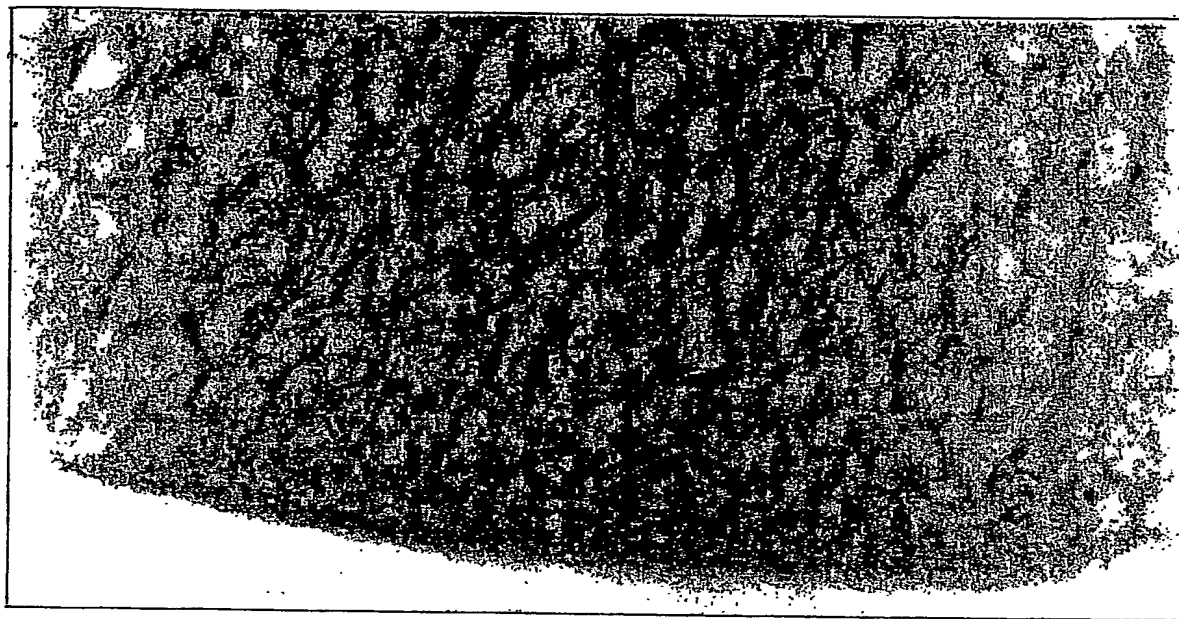
9 - Procedimento per identificare le proprietà meccaniche di un materiale sostanzialmente come descritto, con riferimento agli annessi disegni.

5 mm/sl

Il mandatario
STEFANO LIGI
(per sé e per gli altri)
STUDIO GLP S.r.l.
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

29 MAR. 2002

[Handwritten signature]



UC *vor* fig. 1
A

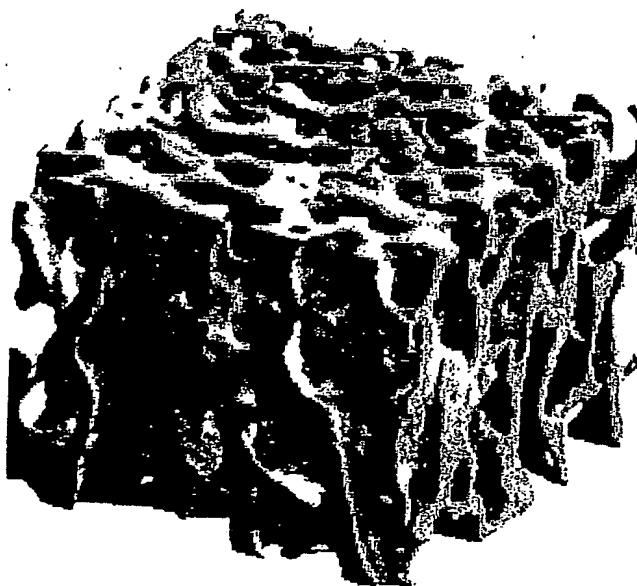
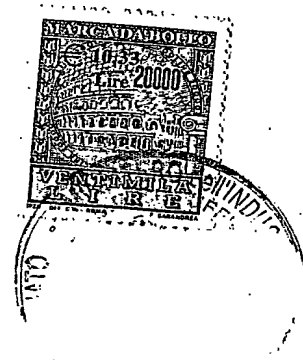
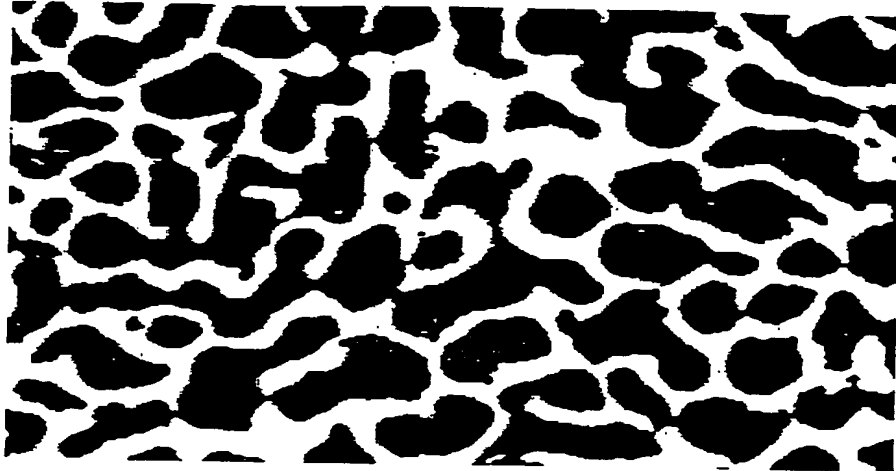


fig. 2

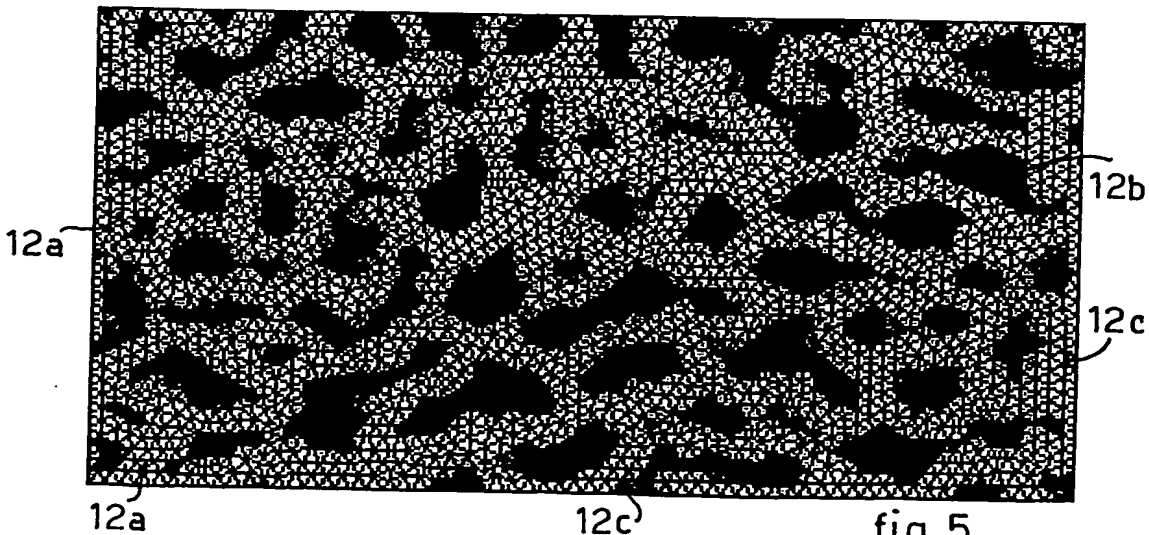
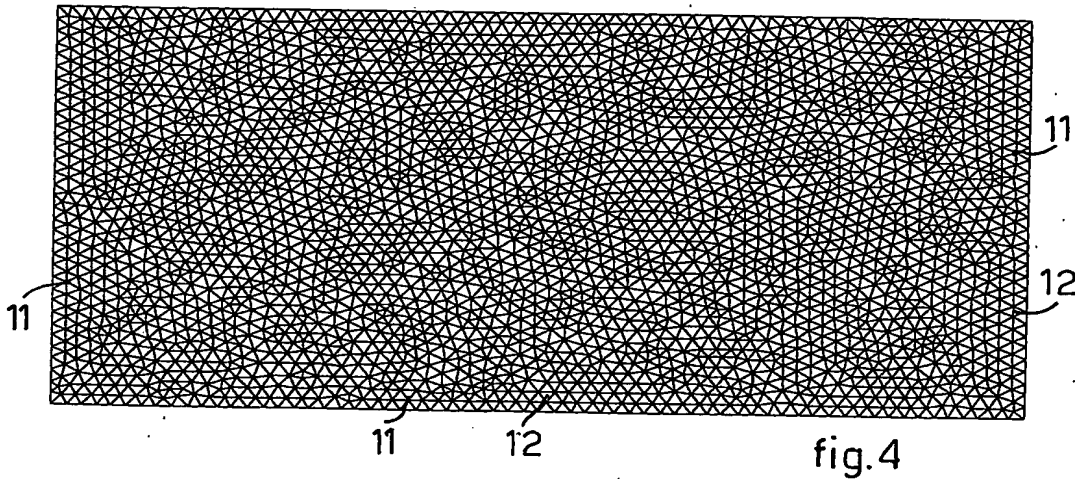




29 MAR. 2002



UD²⁰⁰² fig. 3
A 000072

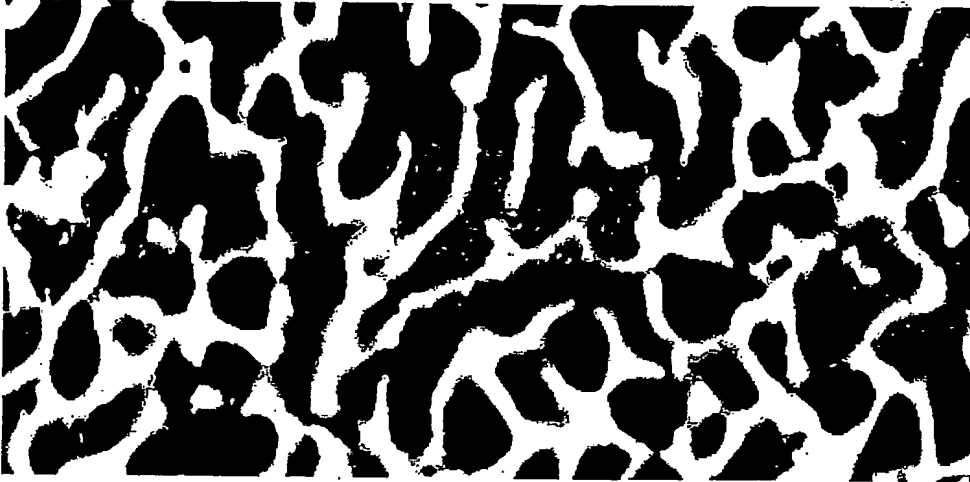


il mandatario
STEFANO LIGI
(per se e per gli altri)
STUDIO G L S r.l.

3/3

UD^{rev}

A 00 0072



29 MAR. 2002

fig.6

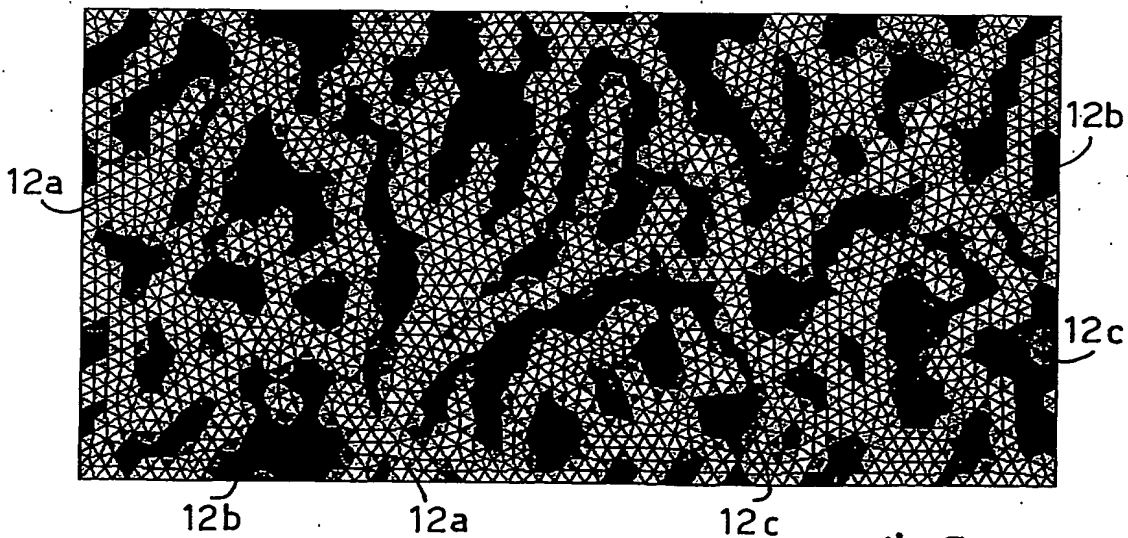


fig.7

HEAD OFFICE:
LP Srl - STUDIO PROPRIETÀ INDUSTRIALE
AZZALE CAVEDALIS, 6/2 - 33100 UDINE - ITALIA
Tel. (+39) 0432-506388 Fax (+39) 0432-507735
Teleconferenze (+39) 0432-25328
Mail: glp@glp.it http://www.glp.it
Branch Offices: MILANO - PERUGIA - ZÜRICH

Italian and European Patent Attorneys
Italian and Community Trademark Attorneys
Technical Assistance in Legal Proceedings

Rif. glp N2-2785

DECLARATION OF INVENTOR

I declare
that we wish to be named as inventors by virtue of the provisions of Article 23 and of the second section of the following Article 27 of the Royal Decree No. 1127 of 29-6-1939, in the application for a patent for an invention titled:

Reserving rights by virtue of the provisions of Article 23 of the Royal Decree No. 1127 of 29-6-1939.

Article 23: When an industrial invention is made during the execution or fulfilment of a contract or of a working or employment agreement wherein such inventive activity is foreseen the object of the contract or of the agreement and is rewarded to that end, the rights arising from the invention itself belong to the provider of said work except for the right owing to the inventor of being recognised as the author. If compensation has not been seen and laid down as a reward for the inventive activity and an invention is made during execution or fulfilment of a contract or of a working or employment agreement, the rights arising from the invention belong to the provider of said work, but the inventor, apart from always having the right of being recognised as the author, is entitled to a just reward, in determination thereof account must be taken of the importance of the invention (Art. 2590 of the Code). The application for the granting of a patent for an industrial invention must be made by the person who declares himself to be the inventor or by his assignee, or else by the person who has submitted an application abroad or by his assignee.

Article 27: The granting of the patent may also be requested by the person who declares himself to have a right thereto, under the meaning of the previous Article 23, or by his assignee; in such a case an inventor who has not been named by the person making the application has the right of requesting that his name appear in the Patent Register and in the

Stamp and Signature

DECLARATION OF INVENTOR

I declare
that I mentioner comme inventeur/inventeurs en vertu des dispositions de l'Art. 23 et du deuxième de l'Art. 27 successif du D.R. du 29-6-1939 n° 1127, dans la demande pour un brevet d'invention ayant le titre:

Monsieur

Article 23: Quand l'invention industrielle est faite dans l'exécution ou dans l'accomplissement d'un contrat ou d'un rapport de travail ou d'emploi, dans lequel l'activité d'invention est prévue, les droits qui dérivent de l'invention appartiennent à l'employeur, sauf le droit appartenant à l'inventeur d'être reconnu comme auteur. Si aucune rétribution n'est prévue et établie en compensation de l'activité d'invention et l'invention est faite dans l'exécution ou dans l'accomplissement d'un contrat ou d'un rapport de travail ou d'emploi, les droits qui dérivent de l'invention appartiennent à l'employeur, mais à l'inventeur, toujours sauf le droit d'être reconnu comme auteur, est dû un prix équitable, pour la détermination duquel on tiendra compte de l'importance de l'invention (Art. 2590 c.c.). La demande de concession de brevet pour une invention industrielle doit être faite par celui qui déclare d'en être l'inventeur ou par son ayant cause, ou bien par celui qui a déposé une demande à l'étranger ou par son ayant cause. Article 27: De même, la concession du brevet peut être demandée par celui qui déclare d'en avoir le droit, sous le sens de l'article 23 précédent, ou par son ayant cause; dans ce cas l'inventeur, qui n'a pas été désigné par celui qui a fait la demande, a le droit d'exiger que son nom soit mentionné dans le registre des brevets et dans le brevet.

Timbre et Signature

ERKLÄRUNG ALS ERFINDER

Wir erklären
nach kraft der Bestimmungen des Art. 23 und des 2. Abs des darauffolgenden Art. 27 der Gesetzesverordnung Nr. 1127 vom 29-6-1939, in der Anmeldung auf Erfindungspatent unter dem Titel:

Nach kraft der Bestimmungen des Art. 23 der Gesetzesverordnung N. 1127 29-6-1939 berechtigt der Erfinder erkläre wollen.

23: Wenn die industrielle Erfindung in der Durchführung oder in der Erfüllung eines Vertrages oder eines Arbeits- oder Dienstverhältnisses erfolgt, in dem die Erfindungstätigkeit den Gegenstand des Vertrages oder des Verhältnisses bildet und zu diesem Zweck wird, gehören die aus der Erfindung stammenden Rechte dem Arbeitgeber, schadet das Recht des Erfinders, als Urheber anerkannt zu werden. Wenn keine Vergütung für die Erfindungstätigkeit vorgesehen bzw. bestimmt ist und wenn die Erfindung in der Durchführung oder in der Erfüllung eines Vertrages oder eines Arbeits- oder Dienstverhältnisses erfolgt, gehören die aus der Erfindung stammenden Rechte dem Arbeitgeber; dem Erfinder steht jedoch, unbeschadet des Rechts, als Urheber erwähnt zu werden, eine angemessene Belohnung zu, deren Bestimmung aufgrund der Wichtigkeit der Erfindung vorzunehmen ist (Art. 2590 BGB). Die Anmeldung zwecks Erteilung eines Patents für eine industrielle Erfindung muss von demjenigen eingereicht werden, der erklärt, der Erfinder oder dessen Rechtsnachfolger zu sein, bzw. von demjenigen, der eine Anmeldung im Ausland eingereicht hat, oder von dessen Rechtsnachfolger.

27: Die Erteilung des Patents kann auch von demjenigen beantragt werden, der erklärt, dass vorstehenden Art. 23 dazu berechtigt zu sein, oder von dessen Rechtsnachfolger; in dem Fall hat der Erfinder, wenn er vom Antragsteller nicht erwähnt worden ist, das Recht, anzugeben, dass sein Name im Patentregister und im Patent erwähnt wird.

Stempel und Unterschrift

MENZIONE D'INVENTORE

L'UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DI TRIESTE
Piazzale Europa, 1
34127 TRIESTE

DICHIARAZIONE

di voler citare come inventore/i, in virtù di quanto previsto dall'art. 23 e dal 2° comma del successivo art. 27 R.D. 29-6-1939 n. 1127, nella domanda per brevetto di invenzione avente per titolo:

PROCEDIMENTO PER IDENTIFICARE LE PROPRIETÀ
MECCANICHE DI UN MATERIALE

il signor/a

COSMI FRANCESCA
Via Aquileia, 73
33100 UDINE

avente il diritto in virtù di quanto previsto dall'art. 23 R.D. 29-6-1939 n. 1127.

Art. 23: Quando l'invenzione industriale è fatta nell'esecuzione o nell'adempimento di un contratto o di un rapporto di lavoro o di impiego, in cui l'attività inventiva è prevista come oggetto del contratto o del rapporto e a tale scopo retribuita, i diritti derivanti dall'invenzione stessa appartengono al datore di lavoro, salvo il diritto spettante all'inventore di essere riconosciuto autore. Se non è prevista e stabilita una retribuzione in compenso dell'attività inventiva, e l'invenzione è fatta nell'esecuzione o nell'adempimento di un contratto o di un rapporto di lavoro o di impiego, i diritti derivanti dall'invenzione appartengono al datore di lavoro, ma all'inventore, salvo sempre il diritto di essere riconosciuto autore, spetta un equo premio, per la determinazione del quale si terrà conto dell'importanza dell'invenzione (art. 2590 c.c.).

La domanda di concessione di brevetto per invenzione industriale deve essere fatta da chi dichiara di essere l'inventore o dal suo avente causa, oppure da chi abbia depositato una domanda all'estero o dal suo avente causa.

Art. 27: Può altresì chiedere la concessione del brevetto chi dichiara di avervi diritto, ai sensi del precedente art. 23, o il suo avente causa; in tal caso l'inventore, che non sia stato designato da chi ha fatto la domanda, ha diritto di chiedere che il suo nome figuri nel Registro dei brevetti e nel brevetto.

Addi

Timbro e Firma

27 MAR 2002



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DI TRIESTE

Il mandatario

BRUNO ROCCO
(per sé e per gli altri)

STUDIO G L P S.r.l.

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

Il mandatario

STEFANO LIGI

(per sé e per gli altri)

STUDIO G L P S.r.l.

P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.